

Az őszi búza stroncium-felvétele csernozjom talajon

LÁSZTITY BORIVÓJ

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A stroncium a bioszférában gyakran előforduló elem, mely a kalciummal rokon tulajdonságokkal rendelkezik (ADRIANO, 1986). A talajban néhány és ezer $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ tartományban mutatták ki, nagyobb mértékben a csernozjom talajokban halmozódik fel (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984). Hazai körülmények között mészlepedékes csernozjom talajon $30\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, savanyú homokon $3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ körüli mennyiségeket mértek cc. HNO_3 + cc. H_2O_2 feltárással (KÁDÁR & SZEMES, 1994).

A növényekben a koncentráció széles határok között mozog, nagysága egy és tízezer $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ mértéken belül található (ADRIANO, 1986; KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984; PAIS, 1980). A növényben a Sr-felvétel részben a tömegáramlás, részben a diffúzió útján megy végbe. A felhalmozás helye általában a vegetatív részekben van (KASTORI et al., 1992), a sejtfalban annak szerves vegületeiben található (MYTTENAERE, 1964).

A stroncium nem tartozik a toxikus elemek csoportjába, egyes szerzők a stimulatív hatású elemekhez sorolják (TÖLGYESI, 1969; SZABÓ et al., 1993), veszélyt a táplálékláncban nem jelent. Ugyanakkor a radioaktív izotópjai kiemelt környezeti veszély forrásai az élővilág számára (CSATHÓ, 1994; LISK, 1972; SZABÓ, 1985). Felhalmozódását a növényben befolyásolja a kalcium mennyisége (REISSING, 1962).

Munkánkban mészlepedékes csernozjom talajon lefolytatott feltöltő PK-adagú műtrágyázási kísérletből származó őszi búzánövényben vizsgáltuk a stroncium-felhalmozás dinamikáját különböző tápelem-ellátottságok mellett. A kapott eredményeket a következőkben mutatjuk be.

Anyag és módszer

A szabadföldi kísérletet az 1981/1982. gazdasági évben végeztük mészlepedékes csernozjom talajon. A kísérlet talajának néhány fontosabb jellemzője: humusz 3,5 %; CaCO_3 6,3 %; pH_{KCl} 7,8; leiszapolható rész ($< 0,02\text{ mm}$) 40 %.

Az eredeti foszfor- és kálium-ellátottság a hazai kategóriák szerint gyenge, ill. közepesnek mondható. A kezelésekben (1. táblázat) 200 kg N/ha, 500 és 1000 kg/ha P_2O_5 ill. K_2O feltöltő adagjainak kombinációit alkalmaztuk. Műtrágyaként pétisót (28 % N), szuperfoszfátot (17 % P_2O_5) és kálisót (60 % K_2O) használtunk. Hazai mérések szerint a köztermesztésben felhasznált pétisóban 0,24 %, a szuperfoszfátban 1,2 % és a kálisóban 24 mg/kg stroncium található (KÁDÁR, 1991).

A P- és K-műtrágyákat ősszel beszántva, a nitrogént ősszel alap-, tavasszal fejtrágyaként adagoltuk. A jelzőnövény Martonvásári 8-as fajta őszi búza volt. A növénymintákat általában tíznaponként, összesen tíz alkalommal vettük a teljes föld feletti rész felhasználásával, parcellánként 4-4 folyóméterről. A növényi mintaanyagot szárítást és darálást követően elemeztük. A zárt térben három mólós sósavas hidrolízis után (VARJU & ZSOLDOS, 1974) a tartalmakat ICP késszülékkel a Hajdú-Bihar megyei NAÁ laboratóriumában mérték. A biometria értékelést variancia-analízissel végeztük SVÁB (1981) szerint.

Eredmények

A tanulmányozott őszi búzanövényben valamennyi mintavételkor a stroncium kimutható volt (1. táblázat). A vegetáció alatti változást nyomon követve a kezelések átlagában és az egyes kezelésekben csökkenési tendenciát állapíthattunk meg a bokrosodás fenofázisától kezdődően. A teljes érés szakaszában a vegetatív részekben erős dúsulást figyelhettünk meg, viszonylag nagy koncentrációkkal.

A műtrágyázás hatását elemezve általában a nitrogén és a foszfor tápelemeket tartalmazó kezelések esetenként szignifikánsan is növelték a Sr-koncentrációkat a kontrollhoz viszonyítva. Összehasonlításként az 1. táblázat utolsó sorában bemutatjuk a rozsnövényben karbonátos homokon mért Sr-koncentrációkat. Látható, hogy a Sr-koncentrációk nagysága fele a búzában mért értékeknek, a szezonális dinamika közel azonos és a hígulás folyamata gyorsabb.

Az irodalomból köztudott, hogy a Sr/Ca arány jellemző paraméter a talajban és növényekben a két elem kémiai hasonlósága folytán (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984; SARIC & KRSTIC, 1976). A búzanövényben - korábbi Ca elemzési adataink felhasználásával (LÁSZTITY, 1987-1988) - vizsgáltuk az arány változását. A számított adatokat kezelésenként és mintavételenként a 2. táblázatban mutatjuk be.

A tenyészidőszak alatti változásokat tanulmányozva két eltérő szakaszt különíthetünk el, a vegetatív és generatív fejlődés időszakát, amelyen belül az arányok gyakorlatilag alig változtak a kezelések átlagában (2. táblázat). A műtrágyázási kezelések hatását nem lehetett kimutatni. Összehasonlítva a karbonátos homokon kapott adatokkal a szezonális dinamika azonos képet mutat. Ott is különválasztható a tenyészidő két fejlődési szakasza, amelyen belül az arányok minimálisan térnek el egymástól.

I. táblázat
A műtrágyázás hatása az őszi búza stronciumtartalmára ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a tenyészidő folyamán. Teljes föld feletti növény.
Nagyhőrcsök. 1982. Őszi búza Mv. 8. fajta

(1) Kezelés	(2) Bokrosodás		(3) Szárbaindulás			(4) Kalászosítás	(5) Virágzás		(6) Tejes érés	(7) Teljes érés	
	ápr. 6.	ápr. 16.	ápr. 26.	máj. 6.	máj. 17.		jún. 7.	jún. 17.		(8) Szem júl. 15.	(9) Szalma júl. 15.
1. Ø	12,6	14,0	12,0	13,4	10,9	9,4	6,6	6,5	5,8	0,9	11,5
2. N	14,5	14,5	11,6	13,9	11,9	11,0	8,6	7,9	6,2	1,0	11,3
3. P ₁ K ₁	13,1	15,9	12,2	11,4	8,7	7,2	7,8	5,9	5,2	1,0	11,1
4. NP ₁	15,3	15,0	15,2	13,6	10,5	10,0	7,4	6,5	5,0	1,0	11,6
5. NK ₁	12,1	14,5	10,9	11,0	9,4	10,7	6,9	5,9	4,4	0,8	11,1
6. NP ₁ K ₁	14,7	16,7	12,9	11,4	8,6	7,7	7,4	6,5	3,2	1,7	12,1
7. NP ₂ K ₂	15,4	16,1	14,6	12,0	9,2	8,8	8,2	6,4	3,8	3,5	10,9
a) SzD _{5%}	1,6	2,1	2,9	2,3	2,0	1,4	0,9	1,4	1,9	0,6	0,3
b) Átlag	14,0	15,2	12,8	12,8	9,9	9,3	7,6	6,5	4,8	1,4	11,4
c) Homok (rozsa)	6,6	4,7	3,5	3,0	3,0	2,4	2,2	2,3	2,3	0,6	6,1

N = 200 kg N·ha⁻¹;
P₁ = 500 kg P₂O₅·ha⁻¹; P₂ = 1000 kg P₂O₅·ha⁻¹;
K₁ = 500 kg K₂O·ha⁻¹; K₂ = 1000 kg K₂O·ha⁻¹;

2. táblázat
A műtrágyázás hatása a Sr/Ca arány alakulására a tenyésztő folyamán. Teljes föld feletti növény.
Nagyhórscók, 1982, Őszi búza Mv. 8. fajta
(Sr/Ca x 1000)

(1) Kezelés	(2) Bokrosodás		(3) Szárbaindulás			(4) Kalászás	(5) Virágzás		(6) Tejes érés	(7) Teljes érés	
	ápr. 6.	ápr. 16.	ápr. 26.	máj. 6.	máj. 17.		jún. 7.	jún. 17.		(8) Szem júl. 15.	(9) Szalma júl. 15.
1. Ø	1,65	1,77	1,82	1,97	1,91	2,35	2,00	2,50	3,22	1,5	4,42
2. N	1,88	1,79	1,57	1,74	1,95	2,50	2,46	3,76	2,95	2,0	4,18
3. P ₁ K ₁	1,79	1,59	1,96	2,03	2,07	2,06	2,89	2,56	3,71	2,0	4,62
4. NP ₁	1,98	1,92	2,30	2,00	1,81	2,32	2,11	2,41	3,33	2,5	4,14
5. NK ₁	1,57	1,70	1,88	1,80	1,92	2,67	1,86	2,80	2,75	2,0	3,96
6. NP ₁ K ₁	1,93	2,04	1,95	1,65	1,48	2,20	2,17	2,32	2,00	2,8	4,65
7. NP ₂ K ₂	2,05	1,96	2,08	1,94	1,56	2,38	2,83	2,67	2,53	5,8	3,89
a) Átlag	1,84	1,82	1,94	1,87	1,81	2,35	2,33	2,72	2,93	2,5	4,27
b) Homok (rozs)	0,97	1,21	1,01	1,00	1,20	1,26	1,16	1,44	1,53	2,0	2,90

N = 200 kg N·ha⁻¹;
P₁ = 500 kg P₂O₅·ha⁻¹; P₂ = 1000 kg P₂O₅·ha⁻¹;
K₁ = 500 kg K₂O·ha⁻¹; K₂ = 1000 kg K₂O·ha⁻¹,

3. táblázat
A műtrágyázás hatása az őszi búza Sr-felvételére ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$). Teljes föld feletti rész.
Nagyhőrcsök, 1982, Őszi búza Mv. 8. fajta

(1) Kezelés	(2) Bokrosodás		(3) Szárbaindulás			(4) Kalá- szolás	(5) Virágzás		(6) Teljes érés	(7) Teljes érés		
	ápr. 6.	ápr. 16.	ápr. 26.	máj. 6.	máj. 17.		jún. 7.	jún. 17.			(8) Szem júl. 15.	(9) Szalma
1. Ø	4,2	5,9	6,1	10,8	20,2	26,8	32,7	40,0	36,5	40,9	2,7	38,2
2. N	6,7	9,4	10,2	20,6	37,5	53,9	66,2	64,6	57,4	56,2	4,2	52,0
3. P ₁ K ₁	6,3	11,3	10,1	14,6	19,6	23,8	41,7	36,7	38,8	47,4	3,6	43,8
4. NP ₁	8,3	13,5	22,3	34,5	63,2	64,1	64,7	51,7	49,0	71,5	5,1	66,4
5. NK ₁	4,5	7,2	6,5	14,1	28,2	47,6	56,9	46,7	40,2	57,7	3,4	54,3
6. NP ₁ K ₁	7,6	14,0	21,1	27,8	41,7	48,1	66,2	61,1	34,2	80,3	9,5	70,8
7. NP ₂ K ₂	9,4	14,0	19,3	27,6	35,4	51,9	78,2	64,4	40,0	82,4	18,5	63,9
a) SzD _{5%}	1,5	3,0	4,4	6,0	7,7	8,9	9,9	9,0	8,7		1,8	12,4
b) Átlag	6,6	10,6	13,2	21,6	33,4	44,8	58,1	52,7	43,1	61,8	6,2	55,6
%	11	17	21	35	54	72	94	85	70	100	10	90
c) Száraz anyag t·ha ⁻¹	0,47	0,70	1,03	1,74	3,37	4,82	7,64	8,10	8,98	9,32	4,44	4,88
d) Homok (rozs)	5,1	7,4	9,8	9,6	14,6	16,0	16,5	18,2	21,0	39,9	1,8	38,1

N = 200 kg N·ha⁻¹;

P₁ = 500 kg P₂O₅·ha⁻¹; P₂ = 1000 kg P₂O₅·ha⁻¹;

K₁ = 500 kg K₂O·ha⁻¹; K₂ = 1000 kg K₂O·ha⁻¹;

A Sr-felhalmozást az őszi búza föld feletti részében, kezelésenként és azok átlagában a 3. táblázatban adjuk meg. A vizsgált tenyészidőben a Sr-felhalmozódás dinamikája a fejlődés során növekedést mutatott. A generatív szakaszban a teljes éréskor tapasztaltunk átmeneti enyhe csökkenést. A teljes érés fenofázisában a felhalmozott mennyiség döntő része a vegetatív részekben (szalma + pelyva) található.

A műtrágyázás hatását vizsgálva a vegetatív fejlődés periódusában az NP- és NPK-kezelésekben mértük a maximális felhalmozásokat. A generatív fejlődési szakaszban az N-, NP- és NPK-kezelésekben a felvett stroncium mennyisége szignifikánsan volt nagyobb, mint a trágyázatlanban. A többi kezelésben a felvétel minimálisan növekedett a kontrollhoz képest, de nem érte el a szignifikáns különbséget. A felvétel növekedésére általában nagyobb befolyása volt a szárazanyag-növekedésnek (LÁSZTITY, 1987), mint a koncentrációk változásának. A Sr-felvételben jelentkező hatás - mind a száraz anyag, mind a Sr-koncentrációnál - az N- és P-kezeléseknél a legnagyobb.

A szemtermésben a felvett stroncium mennyisége jelentősen kisebb volt, azonban a műtrágyázás az arányát a teljes felvételen belül jelentősen megváltoztatta. Például, az átlagos 10 % aránnyal szemben az NPK-kezelésben 22 %-ot, a kontrollban csupán 6,6 %-ot tett ki.

Abszolút értékben a felvett stroncium mennyisége 40 és 80 g·ha⁻¹ határon belül mozgott a betakarításkor.

Összehasonlítva a karbonátos homokon a rozs növényben mért Sr-felhalmozásokkal, jól látható, hogy a nagyobb talajkészletek folytán a csernozjom talajban a felvétel jelentősen meghaladta azokat.

Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom talajon N-, P- és K-műtrágyázási szabadföldi kísérletben vizsgáltuk az őszi búza föld feletti részében a stroncium-koncentrációk, a Sr/Ca arányok és a -felhalmozás dinamikáját a vegetáció alatt. A mintavételeket általában tíznaponként, összesen tíz alkalommal végeztük 4-4 folyóméter föld feletti rész felhasználásával.

A vizsgálatok kapcsán az alábbi megállapításokat tehetjük:

- A Sr-koncentrációk az őszi búza föld feletti részében a teljes érés fenofázisáig eltérő ütemű csökkenést mutattak (1. táblázat).
- A teljes érés időpontjában, elsősorban a vegetatív részekben, jelentős dúsulás következett be (1. táblázat).
- A Sr/Ca arányok külön-külön a vegetatív és generatív szakaszon belül közel azonosak, nagyságuk a vegetatív szakaszban kisebb, mint a generatív szakaszban (2. táblázat).
- A jelzőnövényként használt őszi búzában a föld feletti részekben felhalmozott stroncium mennyisége 40-80 g·ha⁻¹ (3. táblázat).

- A Sr-felhalmozás a tenyésztő folyamán általában növekedett és a teljes éréskor érte el a maximumát.
- A föld feletti növényben a felhalmozott stroncium döntő része, átlagosan 90 %-a a szalma + pelyva termésben található.
- A N- és P-műtrágyázás növelte a Sr-felhalmozást a trágyázatlanhoz képest.

Irodalom

- ADRIANO, D. C., 1986. Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer Verlag. New York
- CSATHÓ P., 1994. A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. MTA TAKI. Budapest
- KABATA PENDIAS, A. & PENDIAS, H., 1984. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press. Inc. Boca Raton, Florida
- KASTORI, R. et al., 1992. Accumulation and distribution of stroncium in wheat. Agriculture Mediterranea. 122. 35-40.
- KÁDÁR I., 1991. A talajok és növények nehézfém tartalmának vizsgálata. KTM-MTA TAKI kiadvány. Budapest
- KÁDÁR I. & SZEMES I., 1994. A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA TAKI. Budapest
- LÁSZTITY B., 1987. A műtrágyázás és a szerves anyag produkció dinamikája őszi búza növényben. Növénytermelés. 36. 105-116.
- LÁSZTITY B., 1987-1988. A műtrágyázás hatása az őszi búza tápelemtartalom változására a tenyésztő folyamán. Agrokémia és Talajtan. 36-37. 163-176.
- LISK, D. J., 1972. Trace metals in soils, plants and animals. Adv. in Agronomy. 24. 267-325.
- MYTTENAERE, C., 1964. Effect of stroncium-calcium ratio on the localization of stroncium and calcium in *Pisum sativum*. Physiol. Plant. 17. 814-827.
- PAIS I., 1980. A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- REISSING, H., 1962. The influence of liming on the Sr-90 uptake by crops under field conditions. Kernenergie. 5. 678-684.
- SARIC, M. & KRSTIC, B., 1976. Reakcija nekih biljnih vrsta na zamenu K i Ca sa Sr u hranljivom rastvoru. Acta Bot. Croat. 35. 97-111.
- SVÁB J., 1981. Biometria i módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SZABÓ, S. A., 1985. Radioökológia és környezetvédelem. Biológiai környezetünk védelme. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- SZABÓ, S. A., GYÓRI D. & REGIUSNÉ MÓCSÉNYI Á., 1993. Mikroelemek a mezőgazdaságban. Stimulatív mikroelemek. A stroncium. 77-85. Akadémiai Kiadó. Budapest
- TÖLGYESI, GY., 1969. A növények mikroelem tartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- VARJU M. & ZSOLDOS L., 1974. Növényi anyag előkészítése elemzésre zárt térben történő hidrolízissel. Agrokémia és Talajtan. 23. 163-176.

Érkezett: 1995. augusztus 28.

Strontium Uptake of Winter Wheat on Chernozem Soil

B. LÁSZTITY

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the
Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

In an NPK fertilization experiment carried out in the field on a pseudomycelial (calcareous) chernozem soil, studies were made on the strontium concentrations and Sr/Ca ratios in the aboveground parts of winter wheat and on the dynamics of accumulation during the vegetation period. Samples were generally taken every ten days on a total of ten occasions, using the aboveground parts of a 4-metre row of plants for each sample.

The following conclusions can be drawn from the results:

- The Sr concentrations in the aboveground parts of winter wheat exhibited various rates of decrease up to the phenophase of full maturity (Table 1).

- At full maturity a considerable accumulation was observed, particularly in the vegetative organs (Table 1).

- The Sr/Ca ratios remained much the same within the vegetative and generative phases, but were smaller during the vegetative phase than in the generative phase (Table 2).

- In the indicator plant, winter wheat, the quantity of strontium accumulated in the aboveground parts can be estimated as 40-80 g·ha⁻¹ (Table 3).

- In the course of the vegetation period there was generally an increase in Sr accumulation, reaching a maximum at full maturity.

- The majority (on average 90 %) of the strontium accumulated in the aboveground parts was to be found in the straw + husk yield.

- N and P fertilization increased the accumulation of Sr compared with the unfertilized control.

Table 1. Effect of fertilization on the strontium content (mg·kg⁻¹) of winter wheat during the vegetation period. Whole aboveground plant. Nagyhöröcsök, 1982. Winter wheat, variety Mv 8. (1) Treatment. a) LSD_{5%}; b) Mean; c) Sand (rye). (2) Tillering. (3) Shooting. (4) Heading. (5) Flowering. (6) Milky ripeness. (7) Full maturity. (8) Grain. (9) Straw.

Table 2. Effect of fertilization on changes in the Sr/Ca ratio during the vegetation period. Whole aboveground plant. Nagyhöröcsök, 1982. Winter wheat, variety Mv 8 (Sr/Ca x 1000). (1)-(9): see Table 1. a) Mean, b) Sand (rye).

Table 3. Effect of fertilization on the Sr uptake of winter wheat (g·ha⁻¹). Whole aboveground plant. Nagyhöröcsök, 1982. Winter wheat, variety Mv 8. (1)-(9) and a)-b): see Table 1. c) Dry matter, t·ha⁻¹; d) Sand (rye).